

电网 SCADA 系统在线仿真测试装置的设计与实现

赵家庆, 姜学宝, 周 瑾, 李 春

(江苏省电力公司苏州供电公司, 江苏省苏州市 215004)

摘要: 针对电网监控和数据采集(SCADA)系统在实际运行、维护和升级中存在的问题, 提出建立电网 SCADA 在线仿真测试装置, 并根据苏州地区电网调度自动化系统设计和开发了一套电网 SCADA 在线仿真测试装置, 介绍了该装置的功能、实现方案以及现场测试结果。

关键词: 电网监控和数据采集(SCADA); 在线仿真; 功能测试

中图分类号: TM73; TM743; TP277

0 引言

电网调度自动化系统、变电站集中监控系统、配电网自动化系统等电网监控和数据采集(SCADA)系统(以下简称为系统)已经成为现代化电网的三大支柱之一, 其可靠性和功能正确性直接影响到电网的安全可靠运行。

长期以来, 对于系统的实时性、可靠性和功能正确性主要依赖于系统建设投运初期进行功能规范的实际测试和验收^[1], 并且对于测试和验收中出现的问题往往留待制造厂家进一步完善; 在系统投入正常运行以及实用化验收后, 一般不再进行比较严格的实际测试和验收。但是, 随着电网的发展变化, 系统将经常进行数据库等在线维护^[2], 对于新投运的厂站, 系统数据库等的维护正确性难以验证。此外, 对于电网发生的各种事故和异常情况, 系统是否准确地进行了处理和反映, 当时系统的情况如何, 对于变电站自动化系统的各种缺陷的分析等, 都需要对系统的历史处理情况进行重演分析。因此, 我们和苏州祥正手普电力科技有限公司进行合作, 研究开发了一套针对系统的在线仿真测试装置(以下简称为装置)。本装置的测试依托对象为苏州地区电网调度自动化能量管理系统(EMS)OPEN-2000^[3~5]。

1 在线仿真测试装置的主要功能

在线仿真测试装置是根据系统的主要功能^[6]来仿真电网运行的各种实际情况, 产生相应的实时变化数据流提供给系统, 并根据系统对仿真实时数据流的处理情况进行测试。其主要功能如下:

1) 可以根据各种典型情况建立、编辑、修改、保存、查询各种典型测试方案, 形成容量可达 254 套的

仿真测试典型方案数据库。

2) 可以按照多种远动通信协议(如循环数据传输方式(CDT), IEC 870-5-101, IEC870-5-104 等)和多种通信接口方式(如 RS-232 串口、10 Mbit · s⁻¹/100 Mbit · s⁻¹以太网口等)与系统的前置机进行连接, 并具有主备通道切换功能。

3) 可以仿真产生新投运厂站的典型实时信息, 并可同时仿真 3 个以上厂站的实时数据, 每个厂站最多可设置 128 个遥测量、2 048 个遥信量、128 个遥控量、128 个遥调量, 可满足实际应用的要求。

4) 可以产生各种遥测、遥信实时变化数据流, 遥测与遥信的变化规律可根据典型方案生成或者由用户自定义, 遥测与遥信之间的算术关系、逻辑关系和时序关系均可自定义。

5) 可以仿真产生开关事故跳闸、保护动作、冲击负荷跳变、潮流分布变化等各种典型电网事故的实际过程以及电网的正常变化过程, 并可仿真产生自动化装置异常而出现的误遥信(例如接点抖动、批量遥信)、错误遥测(例如死数据、跳变数据、零漂、非线性)、通信异常等现象。

6) 可以仿真变电站的遥控、遥调操作, 并将相应的操作结果仿真显示。

7) 可以通过对系统的实时数据库分析, 进行系统实时性和准确性的实时自动比对测试检验, 并根据系统技术指标生成测试报告。

8) 可以通过对系统的历史数据库的访问, 仿真产生某个指定的历史过程, 对系统数据进行实际的或经时间压缩或扩展的历史反演测试, 分析系统的功能反应是否正确, 并可进一步产生典型样本数据作为典型方案来应用。

9) 可以对各种通信报文进行显示和记录, 并对仿真数据流相应的结果进行显示和记录, 便于与被测试系统进一步的分析对比。

10)可以面向单或多主站系统,同时将数据传送到不同的主站系统,每个信道与不同主站系统相连,传输协议可以不同,传送数据格式或顺序也可以不同。

2 在线仿真测试装置的实现

2.1 硬件部分

装置的硬件部分主要包括仿真管理机、仿真远程终端装置(RTU)以及相关的测量控制回路等。装置与系统的连接如图1所示。

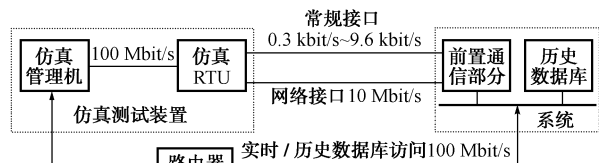


图1 装置与系统的连接关系
Fig. 1 Connection diagram between equipment and system

在图1中,仿真RTU采用Motorola公司32位高速CPU处理芯片MC68376,在外围电路部分采用内部具有4个串行通信收发器的串行接口芯片ST16C554和内部具有4个以太网通信收发器的通信芯片CS8900A,遥控输出部分由4个双位置固态继电器组成,有4路闭环模拟遥控输出。4个串行RS-232通信接口中任何2个可设为互为备用,也可单独运行,连接到终端服务器上;4个以太网口中1个与仿真管理机相连,地址设为固定的管理地址,其他3个均可以与系统相连。仿真管理机采用PC微机,主要实现对系统数据库的访问以及对仿真RTU的控制。仿真RTU主要根据仿真管理机的要求,产生仿真实时信息,并与系统前置通信单元接口。

2.2 软件部分

装置的软件部分主要由支持软件和应用软件组成。

2.2.1 支持软件

仿真管理主机的软件平台采用NT操作系统、SQL数据库管理软件、TCP/IP网络通信协议、VB 6.0/VC 6.0软件开发工具;仿真RTU的软件平台采用先进的Nucleus嵌入式实时操作系统、TCP/IP网络通信协议以及C语言软件开发工具。

2.2.2 应用软件

装置的应用软件包括仿真控制管理软件、样本仿真控制管理软件、方案编辑及执行软件、RTU仿真软件、系统接口软件等。方案管理软件根据需求建立具体的测试方案;仿真RTU根据具体测试方

案所形成的各种遥测、遥信、事故追忆(SOE)等的实时变化数据,准确地按时序关系填入相应的内部实时库,并按不同协议类型向SCADA系统传送实时动态变化数据,进而完成对系统的功能正确性和可靠性测试,同时也可仿真系统的遥控、遥调等操作功能。

装置与系统的接口包括前置通信接口和系统数据库接口。装置的仿真RTU与前置通信的接口包括常规串行接口和网络通信接口,并具有常规串行接口之间和常规串行接口与网络通信接口之间的主备通道切换功能,实现仿真实时数据流接入系统和系统仿真操作功能。

装置的仿真管理机部分与系统数据库的接口主要采用网络通信接口方式,实现装置访问系统的实时数据库和历史数据库的功能。

装置的RTU接口一般接在系统前置机系统的备用通信口上,并在装置和系统上分别设置一致的通信协议、通信方式和相关通信参数;然后将装置的仿真管理机部分通过路由控制与系统进行安全连接。

3 在线仿真测试装置的实际应用效果

自2003年12月电网SCADA系统在线仿真测试装置投入运行以来,我们对该装置进行了一系列的实际应用,并将其应用于仿真新增厂站的建立及其遥测、遥信的数据传送试验中。仿真测试的厂站是220 kV浏家港变,仿真测试的对象是1号主变三侧开关位置信号及主变三侧的有功、无功、电流值,以及浏亭2K13线和浏亭2K14线的线路开关位置信号及线路的有功、无功、电流值。样本数据取自220 kV亭林变的1号主变以及亭石2973/2974线的历史数据和500 kV石牌变石亭2973/2974线的历史数据。分别进行了事故遥信测试、遥信雪崩测试、遥测突变测试、数据压缩测试、不同厂站数据同时测试。

事故遥信主要仿真事故时保护动作及开关动作的全过程,测试OPEN-2000系统对此动作过程的响应情况,分别对线路开关及主变三侧开关进行了模拟测试。结果表明:第1次遥信事故分闸的传输时延为1 522 ms,第2次遥信事故分闸的传输时延1 554 ms,OPEN-2000系统响应的时间间隔比信号发出的时间间隔略长一些。

遥信雪崩测试是在同一时刻发出N个遥信变位信号,测试系统的响应情况。这里N值取4,装置从0 s开始将主变三侧开关2501,1101,301变位(从合到分)和线路2K13,2K14变位(从合到分)信

号同时发送,间隔 5 s 后将这些开关变位(从分到合)再同时发送出去,然后间隔 10 s,这样重复 4 次。结果表明,系统响应正确,没有误遥信和漏遥信的情况,遥信变位分闸传输时延最长为 2 721 ms,遥信变位合闸传输时延最长为 2 684 ms。

遥测突变测试主要以有功、无功、电流的突变量为测试对象,将其值从最小变为很大,从很大变为很小,测试系统对数据突变的响应情况,突变的时间间隔为 5 s。结果说明,OPEN-2000 系统响应正确,遥测传输最长时延为 2 790 ms。

现有的 OPEN-2000 系统间隔 5 min 采样一个点,我们将前 1 日亭林变 1 号主变有功值在 24 h 内的数据(共有 288 个点)压缩成 1 h 内的数据,即间隔 12.5 s 采样一个点,测试系统的反应情况。结果表明,系统对压缩后的数据大小能正确反应,1 h 内的数据曲线变化趋势与原先 1 d 的样本数据曲线相同,遥测传输最大时延为 354 ms。

我们取不同厂站的同一设备的遥测、遥信数据(例如线路的开关位置及其有功/无功/电流),从装置内同时发出,测试系统的响应情况,遥测、遥信是采用不同厂站的历史数据作为样本测试。系统响应正确,该仿真系统至少能同时测试 2 个厂站的数据,遥测传输最大时延为 3 432 ms,遥信传输最大时延为 3 335 ms。

4 结语

鉴于自动化系统功能的复杂多样性,本文只对 SCADA 系统基本功能的仿真测试功能进行了初步探讨,对于自动化系统完整功能的测试还有大量的工作需要进一步研究和探索,测试软件的功能扩充和仿真 RTU 的版本升级目前是在仿真管理机的人机界面上采用人工更新的方法实现。今后还需要进一步改进和完善这套装置的功能,以便更好地促进电网调度自动化技术的发展,为实现电网现代化更好地服务。

参考文献

- [1] 电力调度技术标准汇编.第五分册:电网调度自动化与信息化标准.北京:中国电力出版社,1996.15—511.
Power System Dispatch Technology Standard Compilation. The Fifth Fascicule: Power System Dispatch Automation and Information Standard. Beijing: China Electric Power Press, 1996. 15—511.
- [2] OPEN-2000能量管理系统用户使用手册.国电南瑞科技股份有限公司,2000.
OPEN-2000 Energy Management System User's Manual. NARI Technology Development Limited Company, 2000.
- [3] 俞建中,赵家庆.苏州地区电网调度自动化系统工程实践.电力系统自动化,1996,20(6):57—60.
YU Jian-zhong, ZHAO Jia-qing. Engineering Practice of Suzhou District Power System Dispatch Automation System. Automation of Electric Power Systems, 1996, 20(6): 57—60.
- [4] 顾锦汶,陈源,王岳忠.地区电网调度自动化系统应用功能实施的基础条件.电力系统自动化,1997,21(3):5—8,16.
GU Jin-wen, CHEN Yuan, WANG Yue-zhong. Basic Condition of Application Function Implementation for District Power System Dispatch Automation System. Automation of Electric Power Systems, 1997, 21(3): 5—8, 16.
- [5] 林庆农,刘学松,姜正豪.新一代能量管理系统设计.电力系统自动化,1999,23(17):45—47.
LIN Qing-nong, LIU Xue-song, JIANG Zheng-hao. Design of Advanced Energy Management System. Automation of Electric Power Systems, 1999, 23(17): 45—47.
- [6] 于尔铿,陈竟成,张学松,等.地区电网调度自动化系统的应用功能.电网技术,1998,22(3):47—53.
YU Er-keng, CHEN Jing-cheng, ZHANG Xue-song et al. Application Function for District Power System Dispatch Automation System. Power System Technology, 1998, 22(3): 47—53.

赵家庆(1963—),男,工程师,从事电网自动化和通信专业的管理工作。E-mail: jqzhao1963@hotmail.com

姜学宝(1977—),男,硕士,工程师,主要从事电网调度自动化系统的技术工作。

周瑾(1978—),女,工程师,主要从事电网调度自动化系统的技术工作。

Design and Realization of On-line Simulation and Test Equipment for Power Network SCADA System

ZHAO Jia-qing, JIANG Xue-bao, ZHOU Jin, LI Chun

(Suzhou Power Supply Company, Suzhou 215004, China)

Abstract: Aiming at the problems in the operation and maintenance of supervisory control and data acquisition (SCADA) system of power network, the paper proposes to build an on-line simulation and test equipment for the power network SCADA system. A practical simulation and test equipment for the power network dispatching and automation system in Suzhou area is designed and developed. Functions, realization schemes and the testing results in the field of the equipment are introduced.

Key words: SCADA; on-line simulation; function test